

تأثیر تنش آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سویا

Effect of Water Stress on Yield and Yield Components of Three Soybean Cultivars

نیلوفر وحیدی^۱، اسماعیل قلی‌نژاد^{۲*}، سیروس منصورفر^۳، لیلا غیرتی آرانی^۴ و مهدی رحیمی^۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۵/۰۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح رژیم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سویا در منطقه ارومیه، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی در سال زراعی ۱۳۹۱ به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح (آبیاری مطلوب ۶۰ میلی‌متر، تنش ملایم ۱۱۰ میلی‌متر و تنش شدید ۱۶۰ میلی‌متر) و فاکتور فرعی شامل سه رقم سویا (کلارک، ویلیامز و آنیون) بود. در این تحقیق، صفات تعداد کل گره، تعداد شاخه فرعی، تعداد کل غلاف، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت ارزیابی شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر تنش آبی بر تمامی صفات مطالعه شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر رقم نیز بر صفات تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد با افزایش تنش آبی، صفات مطالعه شده فوق کاهش معنی‌داری یافت، به طوری که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار به ترتیب در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی شدید به دست آمد. تنش آبی شدید، عملکرد دانه را نسبت به آبیاری مطلوب در ارقام آنیون، ویلیامز و کلارک به ترتیب ۷۱ و ۵۴ و ۶۰ درصد کاهش داد. در شرایط آبیاری مطلوب و تنش آبی شدید بیش‌ترین عملکرد دانه از رقم آنیون حاصل شد. در این آزمایش رقم آنیون سازگاری خوبی با شرایط تنش داشته و قابل پیشنهاد برای مناطقی با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، شاخص برداشت، وزن دانه، دانه در گیاه

۱. کارشناس ارشد زراعت، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، کرج، ایران
۲، ۳ و ۴. به ترتیب دانشیاران و استادیار گروه علمی علوم کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران
۵. کارشناس ارشد زراعت، مدرس هنرستان کشاورزی ارومیه، ارومیه، ایران
*: نویسنده مسئول
Email: gholinezhad1358@yahoo.com

رستمی آجرلو^۷ و همکاران (2013) در پژوهشی روی گیاه سویا نشان دادند که تنش خشکی عملکرد و اجزای عملکرد دانه را کاهش داد به طوری آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل استفاده در مقایسه با شاهد (آبیاری بعد از تخلیه ۴۰ درصد آب قابل استفاده) عملکرد دانه را به میزان ۵۲ درصد کاهش داد. محققان بر این عقیده هستند که شاخص برداشت عملاً ثابت است، زیرا همان طور که تنش خشکی، باعث کاهش عملکرد دانه می شود، وزن خشک کل نیز کم می شود ولی در مواردی ممکن است تنش شدید خشکی عملکرد دانه را به میزان زیادی کاهش دهد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا می کند (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱). پژوهشگران دیگری در بررسی تأثیر تنش خشکی بر ارقام مختلف سویا نشان دادند که عملکرد دانه ارقام ویلیامز ۸۲ و کلارک ۶۳ به ترتیب به میزان ۳۱ و ۹ درصد بیش تر از ارقام مانچو و دانفیلد تحت شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی بود (فردریک^۸ و همکاران، 1991). ملکی^۹ و همکاران (2015) نیز نشان دادند که بیشترین تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از رقم M9 به دست آمد هم چنین بیشترین شاخص برداشت (۴۱/۷ درصد) و کمترین شاخص برداشت (۳۶/۷ درصد) به ترتیب از ارقام M9 و هویت حاصل شد. هر چند که سطح زیرکشت سویا در ایران کم است ولی می توان با افزایش عملکرد در واحد سطح از طریق عملیات پیشرفته زراعی و گزینش ارقام پرمحصول و مقاوم به تنش خشکی و معرفی ارقام مناسب، میزان تولید آن را در واحد سطح افزایش داد که این تحقیق در همین راستا انجام گرفته است.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی هنرستان کشاورزی در پانزده کیلومتری ارومیه اجرا شد. طول جغرافیایی محل آزمایش ۴۵ درجه و ۲ دقیقه و عرض جغرافیایی آن ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۳۲ متر می باشد. بر اساس آمار هواشناسی منطقه با داشتن ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز خشک، زمستان های سرد و مرطوب و تابستان های گرم و خشک جزء رژیم رطوبتی خشک و نیمه خشک محسوب می گردد. بر اساس نتایج آزمایشات تجزیه خاک، بافت خاک محل اجرای آزمایش لوم- لومی رسی بوده که pH آن برابر ۸/۰۳ و هدایت الکتریکی (EC) آن ۰/۶۷ دسی زیمنس بر متر می باشد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی

کمبود آب یک عامل تنش زا برای گیاهان می باشد که اغلب موجب کاهش محصول در گیاهان می گردد (فاتح و همکاران، ۱۳۹۱). خشکی یکی از عوامل محدودکننده و تهدیدی برای تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی در سرتاسر جهان است. تحمل به خشکی یکی از مهم ترین صفات مرتبط با عملکرد گیاه می باشد (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱). سویا از گیاهان بالارزش دانه های روغنی می باشد که با داشتن حدود ۲۰٪ روغن و ۴۰٪ پروتئین در بین دانه های روغنی در سطح دنیا بیشترین سطح زیرکشت یعنی ۱۱۷/۷ میلیون هکتار و تولید ۳۰۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ را دارا می باشد (فاتو^۱، 2014). سویا در طول دوره اصلی رشد رویشی خود حساسیت کمتری در مقایسه با دوره گل دهی و میوه دهی نسبت به خشکی دارد و در دوره تمایز سلولی گل و گل دهی بسیار حساس به خشکی می باشد (اکبری نودهی، ۱۳۹۱). عبدی پور و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سویا اظهار داشتند تنش خشکی عملکرد دانه در ساقه اصلی را کاهش نداد ولی عملکرد دانه در ساقه های فرعی را به شدت کاهش داد. مشخص شد تنش آبی با کاهش حرکت مواد ذخیره ای به دانه به علت محدودیت آب و یا با کاهش سهم فتوسنتزی جاری برگ ها در پرشدن دانه و وزن هزاردانه اثر می گذارد (چاوز^۲ و همکاران، 2003). فاتح و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی اثر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیک سویا گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش معنی دار میزان فتوسنتز و عملکرد دانه گردید. عملکرد دانه سویا به وسیله تعداد کل غلاف در هر بوته، تعداد دانه در هر غلاف و وزن هر دانه تحت تأثیر قرار می گیرد (روزنبرگ^۳، 2012). در مطالعات سایر محققان، بیشترین و کمترین عملکرد دانه، تعداد غلاف در هر گیاه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع گیاه و وزن ۱۰۰۰ دانه در گیاه سویا به ترتیب در تیمار شاهد (آبیاری نرمال) و تیمار تنش شدید خشکی به دست آمد (سپانلو^۴ و همکاران، 2014). سایر محققان نیز نشان دادند تنش خشکی تأثیر معنی داری بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، تعداد شاخه فرعی، وزن ۱۰۰۰ دانه و تعداد کل غلاف در گیاه سویا داشت (میرآخوری^۵ و همکاران، 2009؛ حیدرزاده^۶ و همکاران، 2016).

1. FAO
2. Chaves
3. Rosenberg
4. Sepanlo
5. Mirakhoori
6. Heidarzade

7. Rostami Ajirloo

8. Frederick

9. Maleki

سانتی گراد و میانگین رطوبت نسبی ۷۵ درصد می باشد. برخی از پارامترهای هواشناسی از کاشت تا برداشت در سال زراعی ۱۳۹۱ در جدول (۲) ارائه گردیده است.

خاک محل اجرای آزمایش در جدول (۱) آورده شده است. باتوجه به آمار هواشناسی بلندمدت در ارومیه، متوسط بارندگی سالیانه ۳۹۰ میلی متر، متوسط دما ۱۱/۳ درجه

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه
 Table 1: Physical and chemical properties of soil

پتاسیم (پی پی ام) K (ppm)	فسفر (پی پی ام) P (ppm)	نیترژن (درصد) N (%)	کربن آلی (درصد) O.C. (%)	شن (درصد) Sand (%)	لای (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	آهک (درصد) Lime (%)	درصد اشباع Sp (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS m ⁻¹)	بافت خاک Texture	عمق خاک (سانتی متر) Soil depth (cm)
232	4.62	0.12	1.22	24	42	34	-	48	8.03	0.67	لوم - لومی رسی Loam - Clay loam	0-30

جدول ۲: شرایط آب و هوایی منطقه در طول مراحل رشد سویا
 Table 2: Climate condition of region during the stages of soybean growth

ماه Month					پارامترهای هواشناسی Meteorological parameters
شهریور Aug. - Dec.	مرداد Jul. - Aug.	تیر Jun. - Jul.	خرداد May. - Jun.	اردیبهشت Apr. - May.	
28.6	33.1	30.1	28.2	23.3	حداکثر دما (درجه سانتی گراد) T max (°C)
13.1	16.2	15.3	11.9	8.3	حداقل دما (درجه سانتی گراد) T min (°C)
20.9	24.6	22.7	20	15.8	میانگین دما (درجه سانتی گراد) T mean (°C)
8.4	1.8	9.2	18.8	15	مجموع بارندگی (میلی متر) Precipitation (mm)
200.4	263.4	269.3	255.9	181.9	کل تبخیر (میلی متر) Total evaporation (mm)
52	46	52	48	56	میانگین رطوبت نسبی (درصد) Mean of relative humidity (%)

آزمون تجزیه خاک مزرعه در آزمایشگاه و توصیه کودی مقدار ۵۰ کیلوگرم کود اوره، ۱۵۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل، ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به خاک زراعی اضافه شد. زمان آبیاری در کرت های شاهد و تنش از تشت تبخیر کلاس A استفاده گردید. زمانی که تبخیر به ۶۰ میلی متر رسید، آبیاری تیمار شاهد انجام گرفت. آبیاری کلیه کرت های مورد آزمایش تا مرحله استقرار کامل بوته ها (۲ تا ۴ برگ) مطابق شاهد انجام شد و پس از آن تیمارهای کم آبی اعمال شدند. بر این اساس زمان آبیاری تیمار دوم و سوم به ترتیب پس از تبخیر ۱۱۰ (تنش ملایم) و ۱۶۰ (تنش شدید) میلی متر از تشتک تبخیر انجام شدند که در مجموع برای تیمار آبیاری مطلوب هشت نوبت، تیمار تنش ملایم چهار نوبت و برای تیمار تنش شدید دو نوبت آبیاری انجام شد. طی فصل رشد در مواقع لزوم وجین با دست صورت گرفت. بیماری

در این تحقیق از آزمایش اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک های کامل با سه تکرار استفاده شد که در آن فاکتور اصلی در سه سطح آبیاری مطلوب (آبیاری پس از ۶۰ میلی متر تبخیر)، تنش ملایم (آبیاری پس از ۱۱۰ میلی متر تبخیر) و تنش شدید (آبیاری پس از ۱۶۰ میلی متر تبخیر) از سطح تشت کلاس A و فاکتور فرعی شامل سه رقم کلاک، ویلیامز و آنیون بود که هر سه رقم جزء تیپ رشد نامحدود و گروه رسیدگی III بودند بذور از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. ابعاد کرت ها ۴×۳/۵ مترمربع به تعداد ۲۷ کرت ایجاد شد و فواصل بین بلوک ها چهار متر در نظر گرفته شد. بذور در تاریخ ۱۷ خردادماه (هیرم کاری) در کرت های خود در شش ردیف به فواصل ۵۰ سانتی متر و فاصله بین بوته ها ۱۰ سانتی متر با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع در عمق ۳-۵ سانتی متر خاک کشت شد. قبل از کاشت بر اساس

ادامه یابد انتقال کربوهیدرات‌ها به گره‌ها کاهش می‌یابد و در تنش شدید خشکی این عامل تشدید می‌گردد. شاهین رخسار و ریسی (۱۳۹۰) گزارش کردند که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تعداد گره گذاشت به طوری که آبیاری ۱۰۰ درصد دارای بالاترین تعداد گره بود و کم‌ترین تعداد گره از آبیاری ۵۰ درصد حاصل شد و هم‌چنین گزارش کردند بین ارقام مورد بررسی اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد گره ملاحظه شد.

تنش آبی شدید و ملایم نسبت به آبیاری مطلوب، صفت تعداد شاخه فرعی را به ترتیب ۱۸ و ۱۲ درصد کاهش داد بیش‌ترین تعداد شاخه مربوط به رقم ویلیامز با ۲/۲۸ شاخه بود رقم کلارک ۲/۱۹ شاخه و رقم آنیون ۲/۱۸ شاخه داشت (جدول ۴). نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققان مطابقت داشت که گزارش کردند بوته‌های سویا در شرایط آبیاری مطلوب تعداد چهار شاخه تولید کردند که در مقایسه با گیاهان شرایط تنش متوسط و شدید مشخص شد که تعداد شاخه‌ها نسبت به آبیاری مطلوب ۱۹ درصد کاهش داشتند وقوع تنش کم‌آبی موجب کاهش رشد رویشی گیاهان گردید بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش تعداد شاخه در شرایط تنش به محدودیت تولید مواد فتوسنتزی مربوط باشد (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۸). رزمی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش دادند که به‌طور کلی تنش خشکی از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ای، کاهش در آبیگری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب کاهش فرآیند فتوسنتز می‌گردد و مواد کافی در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد در نتیجه رشد رویشی و تعداد شاخه‌های فرعی کاهش می‌یابد.

عامل تنش آبی تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشت در شرایط آبیاری مطلوب بیش‌ترین تعداد با ۱۱/۵۵ غلاف در بوته تولید شد. در شرایط تنش باتوجه به کاهش میزان آب خاک از میزان گل‌های تبدیل شده به غلاف کاسته شد و میزان غلاف در بوته در شرایط تنش متوسط و شدید به ترتیب ۱۰/۱۹ و ۹/۵۳ نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داشت (جدول ۴ و ۳). باتوجه به این‌که تیمارهای تنش قبل از مرحله زایشی اعمال شدند، بنابراین به نظر می‌رسد که علت کاهش تعداد غلاف در گیاه با افزایش شدت تنش ناشی از ریزش گل و غلاف باشد. /اختیاری^۱ و همکاران (2013) نیز در بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه

خاصی در مزرعه مشاهده نشد. صفات اندازه‌گیری شامل تعداد کل گره در ساقه، تعداد شاخه فرعی، تعداد کل غلاف بوته، تعداد کل دانه در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بود. عملیات برداشت هفتم مهرماه در پایان مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی با حذف اثرات حاشیه از چهار خط باقیمانده نمونه‌برداری به صورت تصادفی از ۱۰ بوته که نماینده هر کرت بودند به صورت دستی انجام گرفت. برای به دست آوردن وزن خشک بذر، بذرها را به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون با دمای ۷۵ درجه خشک کرده و سپس نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی دقیق با دقت ۰/۰۱ توزین شدند. ضرایب همبستگی صفات محاسبه گردید. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت برای صفات تعداد کل گره، تعداد شاخه فرعی، تعداد کل غلاف و تعداد دانه در بوته قبل از تجزیه واریانس تبدیل جذری (SQRT) انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون توکی انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مختلف نشان داد تأثیر ساده تنش آبی بر صفات تعداد کل گره، تعداد کل غلاف، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بود. اثر رقم نیز بر صفات تعداد کل گره، تعداد کل غلاف، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار گردید اثر متقابل تنش خشکی و رقم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین تعداد کل گره متعلق به رقم آنیون با ۸/۳۷ گره و کم‌ترین آن متعلق به رقم کلارک با ۷/۸۷ گره بود (جدول ۴). تعداد گره ساقه نشان‌دهنده میزان رشد گیاه می‌باشد. با اعمال تنش آبی تعداد کل گره در بوته کاهش یافت (جدول ۴). به طوری که تعداد کل گره در گیاه از ۹/۰۸ گره در شرایط آبیاری مطلوب به ۸/۰۲ در شرایط تنش ملایم و ۷/۵۰ گره در شرایط تنش شدید کاهش یافت دلیل کاهش تعداد کل گره در شرایط تنش آبی شدید، کاهش تولید مواد فتوسنتزی در گیاهان و کاهش رشد رویشی گیاهان بوده است. طبق نظر فرنیا و همکاران (۱۳۸۶)، کافی نبودن آب در مراحل اولیه باعث کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود، زیرا روزنه‌ها بسته شده و کاهش ورود دی‌اکسید کربن به برگ باعث کاهش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌گردد، چنان‌چه این شرایط به مدت طولانی

بیشترین و کمترین وزن هزاردانه به ترتیب از شرایط آبیاری مطلوب (۱۴۴/۲۹ گرم) و تنش آبی شدید (۱۰۵/۰۶ گرم) به دست آمد (جدول ۴). این نتیجه تأییدی بر یافته پژوهشگرانی است که نشان داده‌اند تنش آبی موجب کاهش وزن هزاردانه می‌شود (رستمی / آجرلو و همکاران، ۲۰۱۳؛ حیدرزاده و همکاران، ۲۰۱۶؛ بهتری و همکاران، ۱۳۸۷). وزن هزاردانه در سویا تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و همچنین شرایط محیطی از قبیل فراهم بودن رطوبت و عناصر غذایی در هنگام پر شدن دانه‌ها می‌باشد. در صورت فقدان تنش (خشکی، عناصر غذایی، دماهای خیلی زیاد و غیره) هرچه تعداد مخازن کم باشد، سهم هر مخزن از مواد پرورده موجود، افزایش می‌یابد و در نتیجه دانه‌ها درشت‌تر شده و وزن هزاردانه نیز افزایش می‌یابد (حیدرزاده و همکاران، ۲۰۱۶).

با اعمال تنش آبی، عملکرد بیولوژیک از ۴۹۳۸/۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری مطلوب به ۴۲۵۹/۲ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش ملایم و به ۳۶۵۳/۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش آبی شدید رسید (جدول ۴). تنش آبی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد بیولوژیک را به ترتیب به میزان ۲۶ و ۱۴ درصد کاهش داد (جدول ۴). احتمالاً شرایط نامناسب محیطی تحت شرایط تنش آبی موجب کاهش سطح برگ فتوسنتزکننده گردیده است. با این کاهش تجمع ماده خشک هم کاهش می‌یابد و بیوماس تولیدی یا عملکرد بیولوژیک کم می‌شود. در این آزمایش عوارض تنش آبی در زمان رشد رویشی به صورت رشد کم برگ‌ها، قطر کم ساقه و کوتاهی ارتفاع بوته ظاهر گردید که با کاهش عملکرد بیولوژیک همراه بود. بیشترین عملکرد بیولوژیک با ۴۷۴۰/۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به رقم آنیون و کمترین عملکرد بیولوژیک به رقم ویلیامز (۳۷۱۰/۲) کیلوگرم در هکتار) اختصاص داشت. بهتری و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که تنش آبی عملکرد بیولوژیک سویا را کاهش می‌دهد. همچنین نتایج تحقیقات حیدرزاده و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد تنش آبی عملکرد بیولوژیک سویا را کاهش می‌دهد. ملکی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند تیمار تنش آبی و رقم بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و با افزایش تنش آبی عملکرد بیولوژیک کاهش یافت.

شاخص برداشت یکی از شاخص‌های مهم فیزیولوژیکی است که بیانگر درصد انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی گیاه به دانه‌ها است. اثر تنش آبی بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). با اعمال

سویا به نتایج مشابهی دست یافتند که با نتایج این پژوهش در یک راستا می‌باشد. عده‌ای از محققان تعداد غلاف در بوته را حساس‌ترین جزء عملکرد سویا نسبت به تنش خشکی معرفی کرده و گزارش داده‌اند که تنش خشکی باعث توسعه کم‌تر اندام‌های رویشی و فتوسنتزکننده شده و با ادامه رشد، مدت گل‌دهی کاهش و ریزش گل‌ها و سقط غلاف‌ها افزایش می‌یابد (تارومینگ کنگ و کوتوا، ۲۰۰۳؛ دانشیان و همکاران، ۱۳۸۸). شاه‌مرادی و همکاران (۱۳۸۸) اعلام کردند که وقوع تنش خشکی در اوایل دوران غلاف‌بندی بیشترین تأثیر را بر کاهش تعداد غلاف و دانه در گیاه دارد از دلایل این امر می‌توان به اثر تنش خشکی بر تقسیم سلول‌های تخمک اشاره کرد. ملکی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که تنش رطوبتی طی گل‌دهی و آغاز تشکیل غلاف، تعداد غلاف را به مقدار زیادی کاهش داد. عامل رقم تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف بوته نداشت.

تعداد دانه در گیاه سویا مهم‌ترین جزء عملکرد محسوب می‌شود و تحت تأثیر تعداد غلاف در گیاه و تعداد دانه غلاف می‌باشد. در شرایط آبیاری مطلوب بیشترین تعداد دانه در بوته (۱۰۶/۹۲) حاصل شد و با افزایش تنش آبی تعداد دانه در بوته کاهش معنی‌داری یافت. در بین ارقام، رقم آنیون به میزان ۸۴/۹۲ دانه در بوته دارای بیشترین تعداد را داشت و بین ارقام کلارک و ویلیامز اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). در شرایط آبیاری کامل، گیاه با بهره‌گیری از کلیه شرایط محیطی و توسعه کافی اندام‌های رویشی و تولید مناسب مواد فتوسنتزی، بیشترین تعداد غلاف را تولید نموده و در نتیجه بیشترین تعداد دانه نیز در این سطح حاصل می‌شود اما با وقوع تنش خشکی و کاهش تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی تعداد غلاف و در نتیجه تعداد دانه در گیاه کاهش می‌یابد. روستایی و همکاران (۱۳۹۱) نیز نتایج مشابهی را در بررسی خواص کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی گزارش کردند. یافته‌های ما در این تحقیق با نتایج سایر محققان مطابقت داشت که گزارش کردند تنش قطع آب در زمان گل‌دهی و نمو غلاف موجب کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف گردید همچنین با اعمال تنش در مرحله گل‌دهی، حفظ وزن صددانه موجب جبران کاهش تعداد دانه در بوته و حفظ عملکرد دانه می‌شود. تنش در مرحله شروع تشکیل غلاف موجب افزایش ریزش گل و غلاف شده و منجر به کاهش تعداد دانه در گیاه می‌شود (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۸).

با افزایش شدت تنش میزان عملکرد دانه کاهش معنی‌داری یافت (شکل ۱). در شرایط آبیاری مطلوب، بیش‌ترین عملکرد دانه از رقم آنیون به‌دست آمد و در شرایط تنش ملایم ارقام در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند. در شرایط تنش شدید نیز رقم آنیون دارای بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه نسبت به دیگر ارقام بود و رقم کلارک با عملکرد ۸۳۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار با رقم ویلیامز با عملکرد دانه ۸۱۱/۳۳ کیلوگرم در هکتار در شرایط تنش شدید در گروه آماری مشابهی قرار گرفتند. این نتایج با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (سامراه^۱ و همکاران، ۲۰۰۶؛ دمیرتاس^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). تنش آبی شدید و ملایم در مقایسه با آبیاری مطلوب، عملکرد دانه را در کلیه ارقام مورد مطالعه به‌ترتیب به میزان ۶۳ و ۴۴ درصد کاهش داد (شکل ۱). دلیل کاهش عملکرد دانه در اثر تنش آبی، به علت کاهش اجزای عملکرد دانه مانند تعداد غلاف در بوته و وزن هزارانه بوده است. طبق گزارش دیگر تحقیقات، تنش آبی به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه سویا را کاهش می‌دهد (یحیایی، ۱۳۸۶). کاهش سرعت سوخت‌وساز کربن، کاهش میزان هدایت روزنه‌ای و کاهش جذب آب در اثر کاهش رشد ریشه، از عوامل دخیل در کاهش عملکرد در شرایط تنش آبی می‌باشند (لیو^۳ و همکاران، ۲۰۰۴). کاهش نقل‌وانتقال ماده خشک در طول دوره تنش آبی ناشی از کاهش توانایی مبدأ در تولید ماده خشک و کاهش قدرت مخزن در تجمع محصولات در اثر افزایش محدودیت رشد، می‌باشد. درواقع محدودیت منبع و نیز محدودیت مخزن موجب کاهش غلاف‌بندی در شرایط خشکی می‌شود (تارومینگ کنگ و کوتو، ۲۰۰۳). بیش‌ترین همبستگی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته ($r=0/98$) برقرار بود (جدول ۵). بنابراین با افزایش اجزای عملکرد دانه به‌ویژه تعداد دانه در بوته می‌توان عملکرد دانه را در گیاه سویا بهبود بخشید. عملکرد دانه با تعداد گره، تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته ارتباط مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵) که با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۸). هم‌چنین مسعودی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزارانه، تعداد غلاف و تعداد گره دارای بیش‌ترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه سویا بودند.

تنش آبی شاخص برداشت کاهش یافت و از ۴۹/۶۶ درصد در شرایط آبیاری مطلوب به ۳۲/۷۱ درصد در شرایط آبیاری ملایم و به ۲۵/۸۶ درصد در شرایط تنش شدید آبی رسید (جدول ۴). کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش آبی به کاهش دسترسی به مواد پرورده جاری طی پرشدن دانه نسبت داده شده است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۱). تعدادی از محققان نشان داده‌اند که شاخص برداشت سویا در ارقام مختلف و شرایط محیطی متفاوت تغییر می‌کند به‌طوری‌که اگر در زمان گرده‌افشانی و تشکیل دانه شرایط محیطی نامناسب باشد، لقاح و دانه‌بندی به‌خوبی صورت نگرفته و عملکرد دانه به‌شدت کاهش می‌یابد که به دنبال آن شاخص برداشت نیز کاهش خواهد یافت (یحیایی، ۱۳۸۶). محققان نیز کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش شدید آبی را حساسیت بیش‌تر رشد زایشی نسبت به شرایط نامطلوب در مقایسه با رشد رویشی تشخیص دادند (روستایی و همکاران، ۱۳۹۱). عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در اثر تنش آبی شدید و ملایم کاهش می‌یابد با توجه به این موضوع که عملکرد دانه برای میانگین ارقام مورد مطالعه با شدت بیش‌تری (۶۳ درصد در شرایط تنش شدید آبی و ۴۴ درصد در شرایط تنش ملایم آبی) نسبت به عملکرد بیولوژیک (۲۶ درصد در شرایط تنش شدید آبی و ۱۴ درصد در شرایط تنش ملایم آبی) کاهش یافته، کاهش شاخص برداشت مشاهده شده است. میانگین این صفت در رقم کلارک ۳۲/۳۶ درصد، در رقم ویلیامز ۳۲/۱۷ درصد و در رقم آنیون ۴۳/۷۰ درصد بود (جدول ۴). علت بیش‌تر بودن شاخص برداشت رقم آنیون نسبت به دو رقم دیگر را می‌توان به کاهش کم‌تر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش آبی ارتباط داد. شاخص برداشت نشانگر کسری از ماده خشک گیاه است که به دانه‌ها اختصاص می‌یابد و در مدیریت و هم‌چنین به‌نژادی گیاهان زراعی دانه‌ای تلاش می‌شود تا شاخص برداشت به حداکثر ممکن افزایش داده شود. مرحله نمو گیاه در زمان وقوع تنش و شدت تنش از عوامل مؤثر بر شاخص برداشت می‌باشند، به‌طوری‌که وقوع تنش در مرحله تشکیل غلاف و دانه‌بندی موجب کاهش شاخص برداشت می‌شود، ولی وقوع آن در مراحل ابتدایی نمو زایشی اختلاف معنی‌داری بر این ویژگی نشان نمی‌دهد (بهتری و همکاران، ۱۳۸۷). محققان نشان دادند که شاخص برداشت یک رقم معین، در مدیریت نوین گیاهان زراعی صفت ثابتی است که حتی در شرایط تنش‌های مختلف‌های مختلف دچار تغییر اندکی می‌گردد (دانشیان و همکاران، ۱۳۸۸؛ یحیایی، ۱۳۸۶).

1. Samarah
2. Demirtas
3. Liu

جدول ۳: تجزیه واریانس برخی صفات ارقام سویا تحت تأثیر سطوح تنش آبی
 Table 3: Variance analysis of some of soybean cultivars traits under levels of water stress

میانگین مربعات Mean squares								درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variations
شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزاردانه 1000 grain weight	عملکرد دانه Grain yield	تعداد دانه در بوته Grain per plant	تعداد کل غلاف Total number of pod	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد کل گره Total number of node		
96.20 ^{ns}	7940.59 ^{ns}	286.37 ^{ns}	118106.67 ^{ns}	2.20 ^{ns}	0.0071 ^{ns}	0.0079 ^{ns}	0.0028 ^{ns}	2	تکرار Replication
1350.18 ^{**}	3722759.70 ^{**}	3724.14 [*]	5794945.87 ^{**}	67.10 [*]	0.228 [*]	0.052 ^{ns}	0.174 ^{**}	2	تنش آبی Water stress
38.30	238055.25	389.41	110673.56	5.67	0.019	0.0094	0.012	4	خطای اصلی Main error (Ea)
392.16 [*]	2472933.48 ^{**}	942.37 ^{ns}	2177444.09 ^{**}	10.69 [*]	0.022 [*]	0.0029 ^{ns}	0.022 [*]	2	رقم Cultivar
115.66 ^{ns}	331716.81 ^{ns}	342.68 ^{ns}	605215.65 [*]	2.12 ^{ns}	0.0036 ^{ns}	0.0037 ^{ns}	0.0021 ^{ns}	4	ژنوتیپ × تنش Cultivar × Stress
73.06	219169.04	275.82	166685.13	2.18	0.0061	0.0030	0.0048	12	خطای فرعی Sub plot error (Eb)
23.69	10.93	12.99	25.35	19.79	2.43	3.71	2.42	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

*, **, ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم تفاوت معنی دار
 *, **, and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and non significant respectively

جدول ۴: مقایسه میانگین صفات زراعی ارقام سویا تحت تأثیر سطوح تنش آبی

Table 4: Means comparison of agronomic traits of soybean cultivars under the influence of water stress

شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha ⁻¹)	وزن هزاردانه (گرم) 1000 grain weight (g)	تعداد دانه در بوته Grain per plant	تعداد کل غلاف Total number of pod	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد کل گره Total number of node	تیمار Treatment
49.66a	4938.7a	144.29a	106.92a	11.55a	2.46a	9.08a	آبیاری مطلوب Optimum irrigation
32.71b	4252.9ab	134.02ab	63.60ab	10.19ab	2.16a	8.02b	تنش ملایم آبی Mild water stress
25.86b	3653.3b	105.06b	45.83b	9.53b	2.02a	7.50b	تنش شدید آبی Severe water stress
32.36b	4394.4a	120.80a	54.39b	10.07a	2.19a	7.87b	کلارک Clark
32.17b	3710.2b	123.04a	52.03b	10.64a	2.28a	8.36a	ویلیامز Williams
43.70a	4740.2a	139.53a	84.92a	10.55a	2.18a	8.37a	آنیون Onion

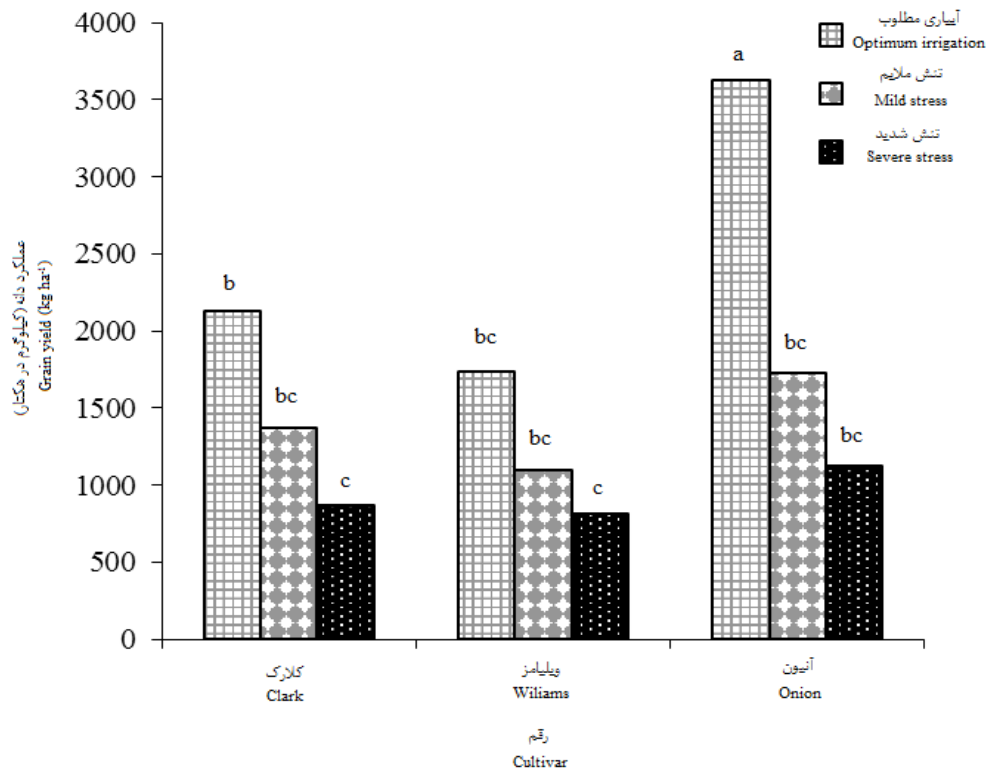
در هر ستون تفاوت بین دو میانگین که یک حرف مشترک دارند براساس آزمون توکی از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار نیست
Means followed by similar letters in each column are not significantly different at the 5% level of probability according to Tukey's Test

جدول ۵: ضرایب همبستگی ساده بین صفات

Table 5: Linear correlation coefficients among the traits

شاخص برداشت Harvest index	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزاردانه 1000-grain weight	تعداد دانه در بوته Grain per plant	تعداد کل غلاف Total number of pod	تعداد شاخه فرعی Number of branches	تعداد کل گره Total number of node	صفات Traits
							1	تعداد کل گره Total number of node
						1	0.91**	تعداد شاخه فرعی Number of branches
					1	0.84**	0.94**	تعداد کل غلاف Total number of pod
				1	0.86**	0.79**	0.89**	تعداد دانه در بوته Grain per plant
			1	0.89**	0.88**	0.73*	0.79**	وزن هزاردانه 1000-grain weight
		1	0.83**	0.98**	0.79**	0.70*	0.82**	عملکرد دانه Grain yield
	1	0.89**	0.77**	0.86**	0.71*	0.59 ^{ns}	0.68*	عملکرد بیولوژیک Biological yield
1	0.81**	0.98**	0.85**	0.98**	0.82**	0.74*	0.86**	شاخص برداشت Harvest index

ns * و **: به ترتیب عدم تفاوت معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد
ns, * and **: Non significant, significant at the 5% and 1% probability levels, respectively



شکل ۱: اثر متقابل تنش آبی و رقم بر عملکرد دانه

Fig. 1: Interactions effect of water stress and cultivar on grain yield

نتیجه‌گیری

رقم آنیون بود. از عوامل مؤثر در عملکرد دانه یعنی وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته بیش‌ترین ضریب همبستگی به ترتیب به تعداد دانه در بوته، وزن هزاردانه و تعداد غلاف در بوته مربوط بود. در این آزمایش رقم آنیون سازگاری خوبی با شرایط تنش داشته و قابل پیشنهاد برای مناطقی با شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد با افزایش سطح تنش، صفات رویشی و عملکرد و اجزای عملکرد کاهش می‌یابد. بین سه رقم مورد آزمایش از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت که این عامل کمک می‌کند تا بتوان ارقام متناسب با صفات مورد نظر در شرایط مختلف را انتخاب نمود. بیش‌ترین وزن هزاردانه و عملکرد دانه مربوط به

منابع

- اکبری نودهی، د. ۱۳۹۱. تاثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و کارآیی مصرف آب سویا در مازندران، دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۲ (۱): ۲۳-۱۳.
- بهتری، ب.، دباغ محمدی نسب، ع.، قاسمی گلعدانی، ک.، زهتاب سلماسی، س. و تورچی، م. ۱۳۸۷. اثر تنش کم‌آبی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا. دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۱۸ (۳): ۱۳۵-۱۲۵.
- دانشیان، ج.، هادی، ح. و جنوبی، پ. ۱۳۸۸. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های سویا در شرایط تنش کم‌آبی. مجله علوم زراعی ایران، ۱۱ (۴): ۴۰۹-۳۹۳.
- رزمی، ن.، ایران‌نژاد، ج.، خانزاده، ح. و سهیلی مقدم، ب. ۱۳۹۲. اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک سه رقم سویا. مجله اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱ (۲۵): ۷۰-۵۷.

- روستایی، خ.، موحدی دهنوی، م.، خادم، س. ع. و اولیایی، ح. ر. ۱۳۹۱. اثر نسبت‌های مختلف پلیمر سوپر جاذب و کود دامی بر خواص کمی و کیفی سویا تحت تنش خشکی. مجله به‌زراعی کشاورزی، ۱۴ (۱): ۳۳-۴۲.
- شاه‌مرادی، ش.، زینالی خانقاه، ح.، دانشیان، ج.، خدابنده، ن. و احمدی، ع. ۱۳۸۸. بررسی اثرات تنش خشکی در ارقام و لاین‌های پیشرفته سویا با تاکید بر شاخص‌های تحمل به تنش. مجله علوم گیاهان زراعی ایران، ۴۰ (۳): ۹-۲۲.
- شاهین رخسار، پ. و ریسی، س. ۱۳۹۰. بهینه کردن مصرف آب سویا در شرایط خشکسالی. دانش آب و خاک، ۲۱ (۴): ۵۳-۶۳.
- عبدی‌پور، م.، رضائی، ع.، هوشمند، س. و رئیسی، ف. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سویا. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۴ (۱۴): ۱-۱۳.
- فاتح، ح.، کریمپور، م.، ویسانی، و.، سهرابی، ی.، فرهمندی، ه. و رحیم‌زاده، س. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی و کاربرد کود روی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک سویا (*Glycine max* L.) رقم Williams. گیاه و زیست بوم، ۸ (۳۱-۲): ۷۷-۹۰.
- فرنیا، ا.، نورمحمدی، ق. و نادری، ا. ۱۳۸۶. تاثیر تنش خشکی بر گره‌بندی و تثبیت نیتروژن نژادهای مختلف باکتری ریزوبیوم ژاپونیکوم در سویا. یافته‌های نوین کشاورزی، ۲ (۲): ۱۳۵-۱۴۹.
- مسعودی، ب.، بی‌همتا، م. ر.، بابایی، ح. ر. و پیغمبری، س. ع. ۱۳۸۷. ارزیابی تنوع ژنتیکی برای صفات زراعی، مورفولوژیکی و فنولوژیکی در سویا. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۲۴ (۳): ۴۱۳-۴۲۷۳.
- ملکی، ع.، نادری، ع.، سیادت، س. ع.، طهماسبی، ا. و فاضل، ش. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا. پژوهش در علوم زراعی، ۴ (۱۵): ۷۱-۸۲.
- یحیایی، س. غ. ر. ۱۳۸۶. اثر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام رشد محدود و رشد نامحدود سویا. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴ (۵): ۱۳۴-۱۲۴.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P. and Pereira, J. S. 2003. Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant. *Plant Biology*, 30: 239-204.
- Demirtas, C., Yazgan, S., Candogan, B. N., Sincik, M., Buyukcangaz, H. and Gksoy, A. T. 2010. Quality and yield response of soybean (*Glycine max* L.) to drought stress in sub-humid environment. *African Journal of Biotechnology*, 9: 6873-6881.
- Ekhtiari, S., Kobraee, S. and Shamsi, K. 2013. Soybean yield under water deficit conditions. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 3: 46-52.
- FAO. 2014. Fao statistic deviation, <http://faostat.fao.org>.
- Frederick, J. R., Woolley, J. T., Hesketh, J. D. and Peters, D. B. 1991. Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. *Field Crops Research*, 27 (2): 71-82.
- Heidarzade, A., Esmaili, M. A., Bahmanyar, M. A. and Abbasi, R. 2016. Response of soybean (*Glycine max*) to molybdenum and iron spray under well-watered and water deficit conditions. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4 (1): 37-46.
- Liu, F., Andersen, M. N. and Jensen, C. R. 2004. Root signal controls pod growth in drought-stressed soybean during the critical, abortion-sensitive phase of pod development. *Field Crop Research*, 85: 159-166.
- Maleki, A., Naderi, A., Naseri, R., Fathi, A., Bahamin, S. and Maleki, R. 2013. Physiological Performance of Soybean Cultivars under Drought Stress. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 2 (6): 38-44.
- Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M., Zahedi, H. and Nazeri, P. 2009. Effect of Drought Stress and Methanol on Yield and Yield Components of Soybean (*Glycine Max* L. 17). *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 5 (4): 162-169.
- Rosenberg, M. 2012. Effects of drought stress on soybean production. *Agronomy*, 1-3.
- Rostami Ajirloo, A. and Shaban, M. 2013. Seed yield and its components changes of soybean under water stress and foliar application of Methanol. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6 (2): 83-88.
- Samarah, N. H., Mullen, R. E., Cianzio, S. R. and Scott, P. 2006. Dehydrin-like proteins in soybean seeds in response to drought stress during seed filling. *Crop Science*, 46: 2141-2150.
- Sepanlo, N., Talebi, R., Rokhzadi, A. and Mohammadi, H. 2014. Morphological and physiological behavior in soybean (*Glycine max*) genotypes to drought stress implemented at pre- and post-anthesis stages. *Acta Biologica Szegediensis*, 58 (2): 109-113.
- Taruming Keng, R. C. and Coto, Z. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of Soybean. *Science Philosophy PP*, 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University (Institute Ppertianian Bogor).

Effect of Water Stress on Yield and Yield Components of Three Soybean Cultivars

Vahdi¹, N., Gholinezhad^{2*}, E., Mansourifar³, S., Geyrati Arani⁴, L. and Rahimi⁵, M.

Abstract

In order to evaluate the effect of water regims on yield and yield components of soybean in Urmia region, a field experiment was conducted at Urmia Agricultural Research School during 2012 in the form of split plot based on randomized complete block with three replications. The main and subplot were three levels (optimum irrigation 60 mm, moderate water stress 110mm and severe water stress 160mm evaporation by evaporation pan Class A) and three cultivars (Clark, Wiliyams and Onion), respectively. In this experiment traits of total number of node, number of sceondary stem, total number of pod, grain per plant, grain yield, 1000-grain weight, biological yield and harvest index were investigated. The results of variance analysis showed that the effect of water stress on all of the traits was significant at 1% probability. The simple effect of cultivar on the number of sceondary stem, grains per plant, grain yield, biological yield and harvest index were significant. Mean comparison showed that with increasing water stress, all of the traits deacresed significantly so that the highest and lowest obtained by optimum irrigation and severe water stress, respectively. Severe water stress reduced the grain yield by 63 and 45% compared to the optimum irrigation and moderate water stress, respectively. In optimum irrigation and severe water stress conditions, the highest grain yield ontained by Onion cultivar. In this study, Onion cultivar had a good adaptation to stress conditions and it is recommended for areas with dry and semi-arid climates.

Keywords: Irrigation, Harvest index, Grain weight, Grain per plant

1. Agronomy Instrutor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Karaj, Iran

2, 3 and 4. Associate Professors and Assistant Professor, Respectively, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Tehran, Iran

5. Agronomy Lecturer, of Agriculture School of Urmia, Urmia, Iran

※: Corresponding author Email: gholinezhad1358@yahoo.com